

**PENGARUH PERKUATAN KOLOM CAMPURAN PASIR KAPUR PADA PEMBEBANAN
VERTIKAL PONDASI TELAPAK**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada Jurusan
Teknik Sipil Fakultas Teknik**

Oleh:

BAGUS ETIKAWATI MUHAROM
NIM : D 100 130 218

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2018**

HALAMAN PERSETUJUAN

**PENGARUH PERKUATAN KOLOM CAMPURAN PASIR KAPUR PADA
PEMBEBANAN VERTIKAL PONDASI TELAPAK**

Naskah Publikasi Ilmiah

Untuk memenuhi sebagai persyaratan
Mencapai derajat Sarjana S-1 Teknik Sipil

Diajukan oleh :

BAGUS ETIKAWATI MUHAROM

NIM: D100 130 218

Disetujui oleh :

Surakarta, 16 April 2018

Dosen Pembimbing



Anto Budi Listyawan, ST. MSc.

NIK: 913

HALAMAN PENGESAHAN

**PENGARUH PERKUATAN KOLOM CAMPURAN PASIR KAPUR PADA
PEMBEBANAN VERTIKAL PONDASI TELAPAK**

OLEH


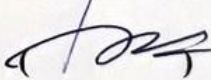

BAGUS ETIKAWATI MUHAROM

NIM: D100 130 218


**Telah dipertahankan di depan DewanPenguji
Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari...Dum'at...16...Mei...2018
dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

Dewan Penguji:

- 1. Anto Budi Listyawan, ST. MSc.
(Ketua Dewan Penguji)**
- 2. QunikWiqoyah, ST. MT.
(Anggota I Dewan Penguji)**
- 3. Ir. Renaningsih, MT.
(Anggota II Dewan Penguji)**

()

()

Dekan,


Ir. Sri Sunarjono, MT. PhD.
NIK: 682

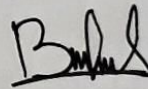
PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Naskah Publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara diacu dalam naskah dan disebut kan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidak benaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggung jawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 16 April 2018

Penulis



BAGUS ETIKAWATI MUHAROM

NIM: D100 130 218

PENGARUH PERKUATAN KOLOM CAMPURAN PASIR KAPUR PADA PEMBEBANAN VERTIKAL PONDASI TELAPAK

ABSTRAK

Hasil penelitian dari Dewanty (2017) tanah Troketon LL = 74,42%, PL = 26,35%, SL = 25,65% dan PI = 48,07%. Berdasarkan system klasifikasi USCS tanah Troketon termasuk dalam kelompok CH dengan jenis tanah lempung tak organi dengan plastisitas tinggi. Drainase vertikal adalah salah satu usaha perkuatan pada tanah lempung untuk meningkatkan daya dukung tanah. Pada penelitian kali ini digunakan perkuatan dengan kolom campuran pasir kapur pada pondasi telapak dengan diameter 10 cm dan 15 cm. Penelitian dilakukan dengan 6 sampel yaitu 2 sampel tanpa perkuatan dan 4 sampel dengan perkuatan kolom diameter 10 cm dan 15 cm dan dilakukan uji pembebanan pada masing-masing sampel. Penambahan air dan pemadatan yang dilakukan dengan jumlah dan cara yang sama. Hasil dari pengujian yang dilakukan adalah perkuatan kolom campuran pasir kapur dapat meningkatkan daya dukung tanah dibandingkan dengan tanpa perkuatan kolom dan semakin besar diameter pondasi dan diameter kolom maka daya dukungnya juga semakin besar.

Kata Kunci: *drainase vertikal, tanah lempung, perkuatan, uji pembebanan, pondasi telapak, kolom campuran pasir kapur.*

ABSTRACT

Result of research from Dewanty (2017) land of Troketon LL = 74,42%, PL = 26,35%, SL = 25,65% and PI = 48,07%. Under the classification system USCS Troketon soil belongs to the CH group with the type of non-organic clay soil with high plasticity. The vertical drainage is one of the reinforcement efforts on clay soil to increase the carrying capacity of the soil. In this study used reinforcement with columns of sand mixture of lime on palm foundation with diameter 10 cm and 15 cm. The research was conducted with 6 samples, 2 samples without reinforcement and 4 samples with reinforcement of 10 cm and 15 cm diameter columns and test loading on each sample. Water addition and compaction are carried out in the same amount and manner. The result of the test is reinforcement of lime sand mixed column to increase the carrying capacity of the soil compared with without reinforcing the column and the greater the diameter of the foundation and the column diameter, the carrying capacity is also higher.

Keywords: *vertical drainage, clay soil, retrofitting, load test, footing foundation, lime sand mixed column.*

1. PENDAHULUAN

Tanah mempunyai peran yang sangat penting dalam ilmu teknik sipil. Dalam sebuah bangunan diperlukan pondasi sebagai pendukung bangunan yang berada di atasnya. Bangunan Teknik Sipil secara umum dibagi menjadi 2 bagian, yaitu struktur atas dan struktur bawah. Pondasi dirancang untuk dapat menerima seluruh beban struktur atas untuk disalurkan ke dalam tanah, sehingga tanah yang akan digunakan untuk menahan pondasi harus kuat untuk menahan beban yang diterima.

Hasil penelitian dari Dewanty (2017) tanah Troketon $LL = 74,42\%$, $PL = 26,35\%$, $SL = 25,65\%$ dan $PI = 48,07\%$. Berdasarkan system klasifikasi USCS tanah Troketon termasuk dalam kelompok CH dengan jenis tanah lempung tak organik, plastisitas tinggi dan lempung gemuk, sedangkan berdasarkan system klasifikasi AASHTO tanah tersebut termasuk ke dalam klasifikasi kelompok A-7-6 karena nilai $PL < 30$, dengan tipe material tanah berlempung sedang sampai buruk.

Usaha-usaha yang dapat dilakukan untuk mengatasi daya dukung tanah yang rendah adalah dengan mencampur tanah dengan bahan lain, metode pembebanan, metode *vertical drain* dan metode lain. Perkuatan tanah menggunakan kolom campuran pasir kapur merupakan hal yang menarik untuk dipelajari. Penelitian ini dilakukan dengan melakukan pembebanan pada pondasi telapak. Metode ini sangat menarik untuk dilakukan guna mengetahui hasil dari perkuatan kolom campuran pasir kapur baik atau tidak digunakan untuk mengatasi penurunan yang terjadi akibat beban.

2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini dilakukan beberapa langkah sebagai berikut:

2.1 Pengujian Kadar air

Tanah dari Desa Troketon, Kecamatan Pedan, Kabupaten Klaten diangin-anginkan sampai kering udara lalu dimasukkan dalam cawan sebanyak 3 sampel ditimbang lalu dimasukkan dalam oven selama 24 jam, setelah itu diambil dan kemudian ditimbang kembali. Hasil rata-rata uji kadar air dari 3 sampel $14,02\%$ lalu dihitung penambahan air agar kadar airnya menjadi 40% .

2.2 Pemadatan Sampel

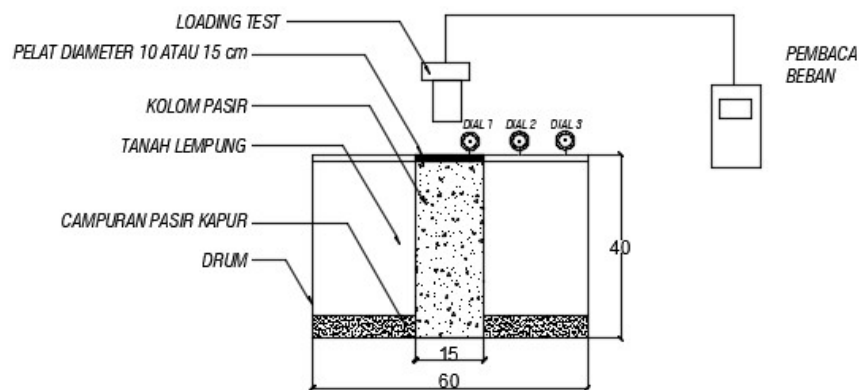
Tanah dengan kadar air 40% yang akan digunakan untuk pengujian dimasukkan ke drum dengan tinggi 40 cm dan diameter drum 60 cm yang dibawahnya sudah diberi pasir dengan tebal 5 cm. Setiap sampel terdiri dari 6 lapis tanah dengan berat per lapis adalah 15 kg yang dipadatkan dengan 100 pukulan setiap lapisnya.

Untuk pengujian dengan menggunakan kolom perkuatan maka pada tengah drum dimasukkan cetakan kolom dengan diameter 10 cm dan 15 cm. Setelah tanah dimasukkan dan dipadatkan sampai 6 lapis cabut cetakan pada tengah drum lalu diisi

dengan campuran pasir kapur hingga setinggi tanah. *Plat bearing* dengan diameter 10 cm dan 15 cm diletakkan diatas permukaan sampel yang sudah selesai dipadatkan dan ditengah-tengah drum sebagai pondasi telapak.

2.3 Pengujian pembebanan dengan alat *Loading Test*

Sampel yang telah disiapkan diletakkan pada *loading frame* lalu dipasang 3 dial yang digunakan untuk membaca penurunan pada sampel. Dial 1 diletakkan tepat diatas *plat bearing* , dial 2 di samping *plat bearing* dan dial 3 berada didekat drum . Kemudian dilakukan pengujian dengan alat uji pembebanan dan mencatat berapa penurunan yang terjadi dan nilai pembebanan.



Gambar 1 Skema alat uji pembebanan vertikal

3. ANALISA DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Uji Fisis Tanah Lempung (Data Sekunder Dewanty (2017))

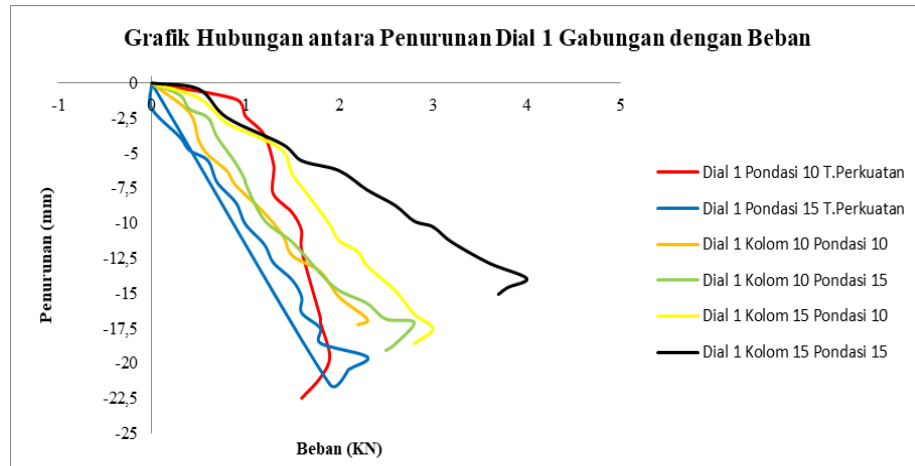
Tabel 1 Hasil Uji Fisis Tanah (Dewanty (2017))

Jenis Pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan
1. Kadar Air Asli	6,53 %
2. Berat Jenis Spesifik	2,53 %
3. Batas-batas Atterberg	
❖ Batas Cair (LL)	74,42 %
❖ Batas Plastis (PL)	26,35 %
❖ Indeks Plastisitas (PI)	48,07 %
❖ Batas Susut (SL)	25,65 %
4. Klasifikasi Tanah	AASHTO → A-7-6 USCS → CH
5. Hasil Uji Standard Proctor	
❖ γ_{dmax}	1,30 gr/cm ³
❖ W_{opt}	23,0 %
6. Hasil Uji Direct Shear Test	
❖ Kohesi	0,623 kg/cm ²
❖ Sudut Gesek Dalam	9,49°
7. Tegangan Normal (σ)	1,331 kg/cm ²
8. Tegangan Geser (τ)	4,47 kg/cm ²

Hasil pengujian menunjukkan bahwa tanah di Desa Troketon, Kecamatan Pedan, Kabupaten Klaten termasuk dalam tanah lempung tak organik dengan plastisitas tinggi.

3.2 Hasil Test Secara Umum

Penelitian secara umum yang dilakukan dengan menggunakan 6 sampel yang terdiri 2 pondasi telapak dengan diameter 10 cm dan 15 cm serta 2 kolom campuran pasir kapur dengan diameter 10 cm dan 15 cm. Hasil dari penelitian ditunjukkan dalam grafik hubungan antara beban dan penurunan pondasi telapak sebagai berikut

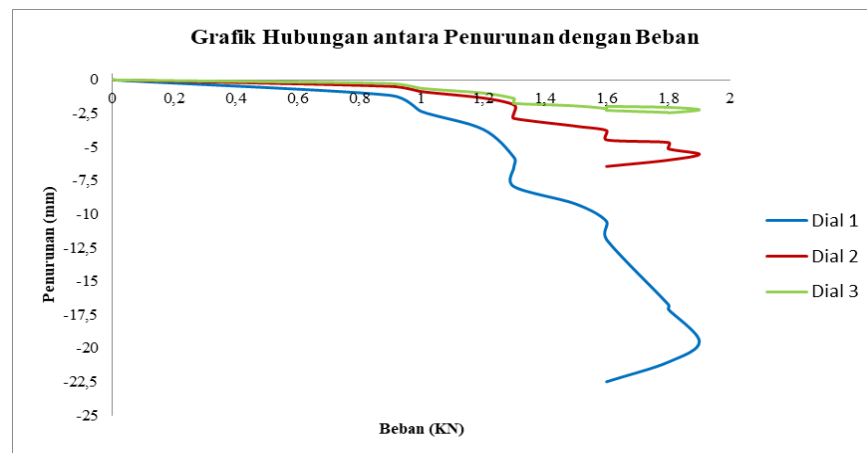


Gambar 2 Grafik Hubungan antara beban dengan penurunan pada Dial 1 (terletak di atas plat bearing)

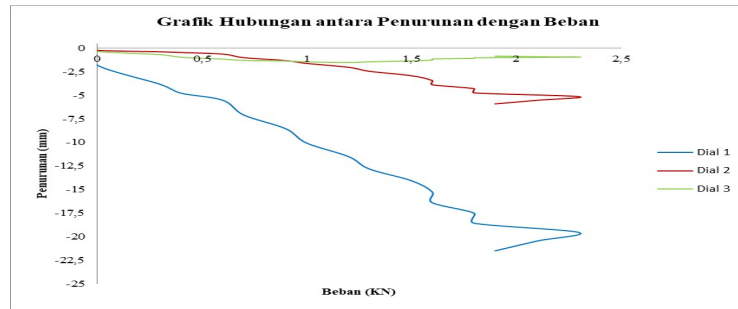
Berdasarkan grafik diatas beban maksimum terdapat pada pondasi telapak dengan diameter 15 cm, dibandingkan dengan pondasi telapak 10 cm. Dari hasil tersebut dapat disimpulakn bahwa ukuran diameter pondasi yang besar akan lebih kuat menahan beban.

3.3 Pengaruh Jarak ke Titik Beban terhadap Penurunan

Pengujian dengan pembacaan 3 dial yang berada pada jarak yang berbeda untuk mengetahui pengaruh jarak ke titik beban terhadap penurunan tanah. Menggunakan masing-masing variasi baik dengan perkuatan maupun tanpa perkuatan.



Gambar 3 Grafik Hubungan antara beban dengan penurunan tanah lempung dengan pondasi telapak diameter 10 cm tanpa perkuatan

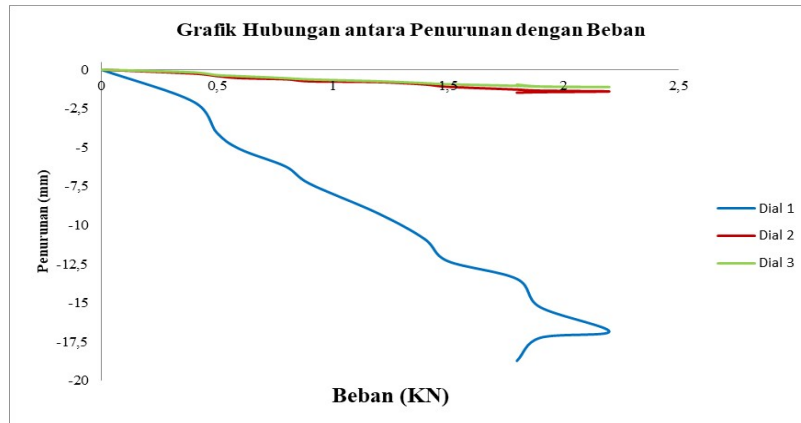


Gambar 4 Grafik Hubungan antara beban dengan penurunan tanah lempung dengan pondasi telapak diameter 15 cm tanpa perkuatan

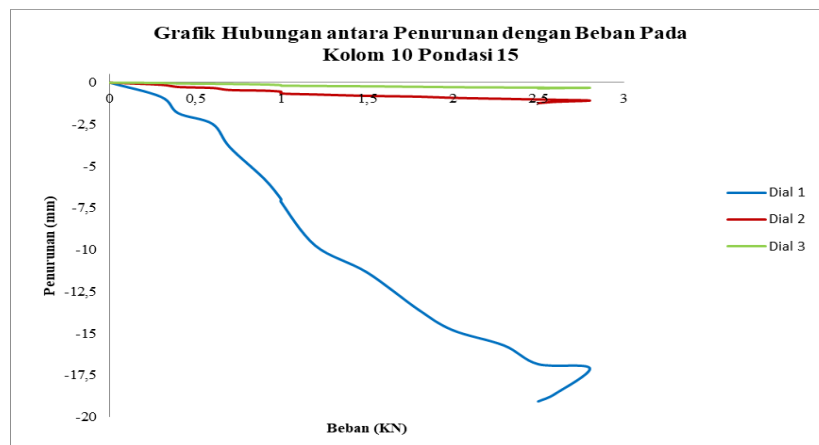
Berdasarkan pada gambar grafik diatas terlihat bahwa penurunan pada dial 1, 2 dan 3 berbeda-beda. Itu terjadi karena letak dial 1 tepat diatas plat bearing, dial 2 berada disamping plat bearing dan dial 3 berada dekat dengan drum. Hal ini terjadi karena faktor jarak dari titik beban, semakin jauh jarak dial maka penurunannya juga semakin kecil dan semakin dengan dial dengan titik beban maka penurunannya juga semakin besar.

Hasil percobaan pertama menunjukkan bahwa pada dial 3 terjadi penurunan yang berbalik arah dari penurunan (negatif) hingga pada titik maksimum berubah menjadi kenaikan (positif). Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa tanah yang mendapatkan beban mengalami keruntuhan geser umum (*General Shear Failure*) dengan ciri-ciri pada saat diberi beban maksimum maka penurunan akan berbalik arah pada sekitar pondasi tanah mengembung

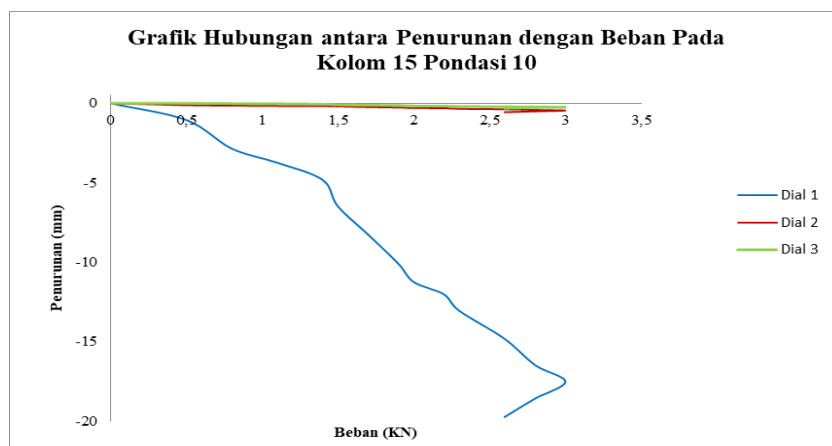
Percobaan berikutnya menggunakan perkuatan kolom campuran pasir kapur dengan diameter 10 cm dan 15 cm. Ada 4 sampel yang ditunjukkan dalam grafik berikut :



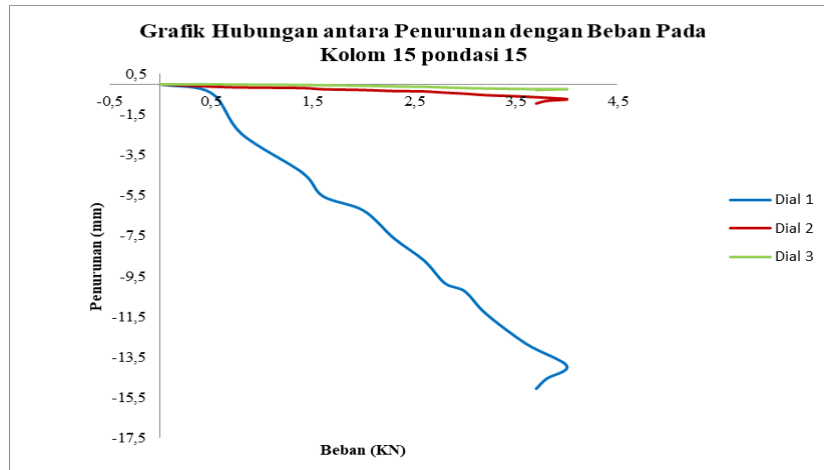
Gambar 5 Grafik Hubungan antara beban dengan penurunan pada tanah lempung dengan kekuatan kolom 10 cm dan pondasi telapak diameter 10 cm.



Gambar 6 Grafik Hubungan antara beban dengan penurunan pada tanah lempung dengan kekuatan kolom 10 cm dan pondasi telapak diameter 15 cm.



Gambar 7 Grafik Hubungan antara beban dengan penurunan pada tanah lempung dengan kekuatan kolom 15 cm dan pondasi telapak diameter 10 cm.



Gambar 8 Grafik Hubungan antara beban dengan penurunan pada tanah lempung dengan perkuatan kolom 15 cm dan pondasi telapak diameter 15 cm.

Sama halnya dengan percobaan tanpa perkuatan, pada variasi ini terlihat bahwa penurunan pada dial 1, 2 dan 3 berbeda-beda. Itu terjadi karena letak dial 1 tepat diatas plat bearing, dial 2 berada disamping plat bearing dan dial 3 berada dekat dengan drum. Hal ini terjadi karena faktor jarak dari titik beban , semakin jauh jarak dial maka penurunannya juga semakin kecil dan semakin dengan dial dengan titik beban maka penurunannya juga semakin besar.

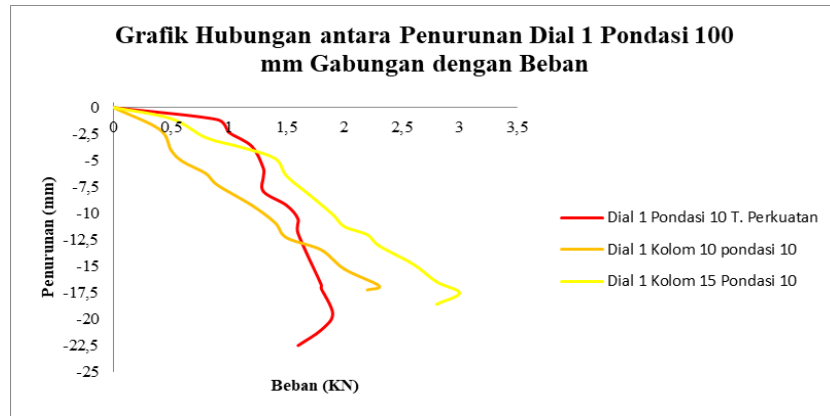
Pada percobaan variasi dengan perkuatan kolom terlihat bahwa semua dial mengalami penurunan terhadap beban maksimal. Sedangkan pada percobaan tanpa perkuatan tanah menunjukkan hasil yang berbeda yaitu tanah disekitar pondasi mengembung yang disebut keruntuhan geser umum. Dari percobaan tersebut menunjukkan bahwa penggunaan kolom campuran pasir kapur merubah perilaku tanah menjadi jenis keruntuhan geser lokal dengan ciri-ciri pada pembebanan maksimal tidak ada penurunan yang berbalik arah. Hasil pembacaan dial menunjukkan bahwa dial 1 nilai penurunannya lebih signifikan dibandingkan dengan dial 2 dan 3, sehingga berdasar pada teori dan praktik penelitian ini dapat dibenarkan.

3.4 Pengaruh Kolom Campuran Pasir Kapur sebagai Perkuatan

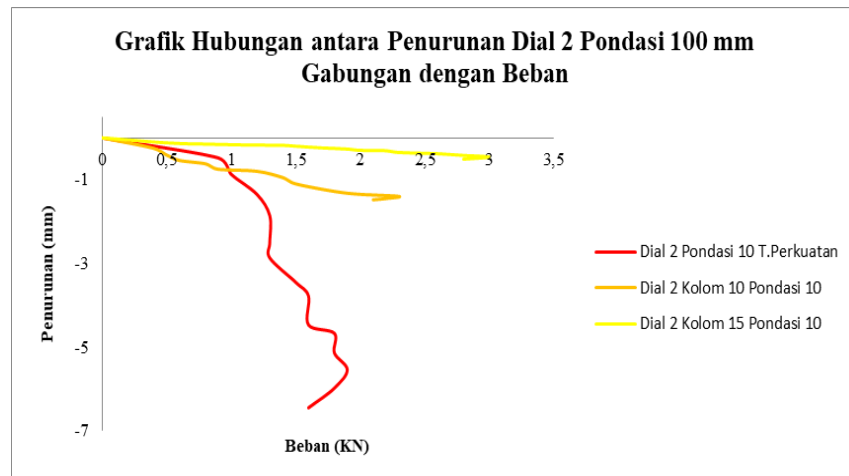
Penelitian menggunakan kolom campuran pasir kapur ini sangat mempengaruhi perilaku pondasi telapak . Hasil dari penelitian disajikan dalam

grafik yang akan menunjukkan pengaruh dari perkuatan kolom campuran pasir kapur. Adapun grafiknya ialah sebagai berikut:

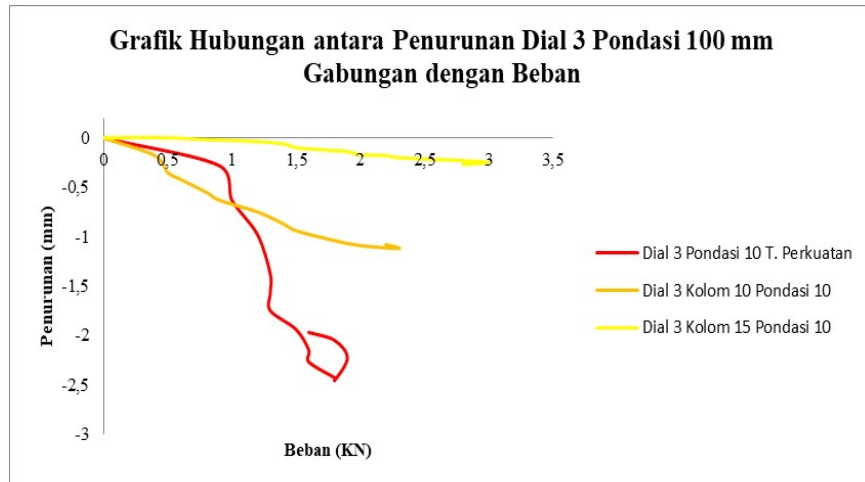
3.4.1 Pengaruh Perkuatan Kolom Campuran Pasir Kapur pada Pondasi Telapak 100 mm.



Gambar 9 Grafik Hubungan antara beban dengan penurunan pada dial 1 menggunakan pondasi telapak 10 cm.



Gambar 10 Grafik Hubungan antara beban dengan penurunan pada dial 2 menggunakan pondasi telapak 10 cm



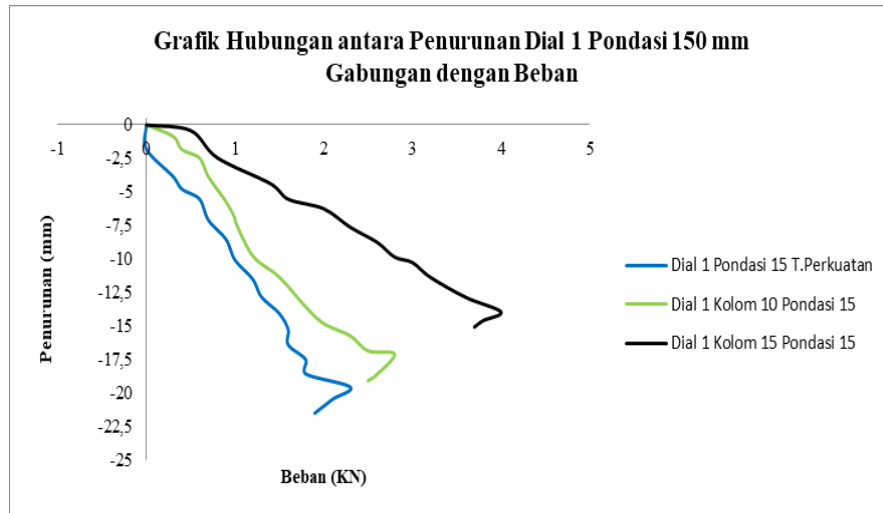
Gambar 11 Grafik Hubungan antara beban dengan penurunan pada dial 3 menggunakan pondasi telapak 10 cm

Tabel 2 Pengaruh Perkuatan Diameter Kolom 0, 100, 150 mm dengan pondasi 100 mm

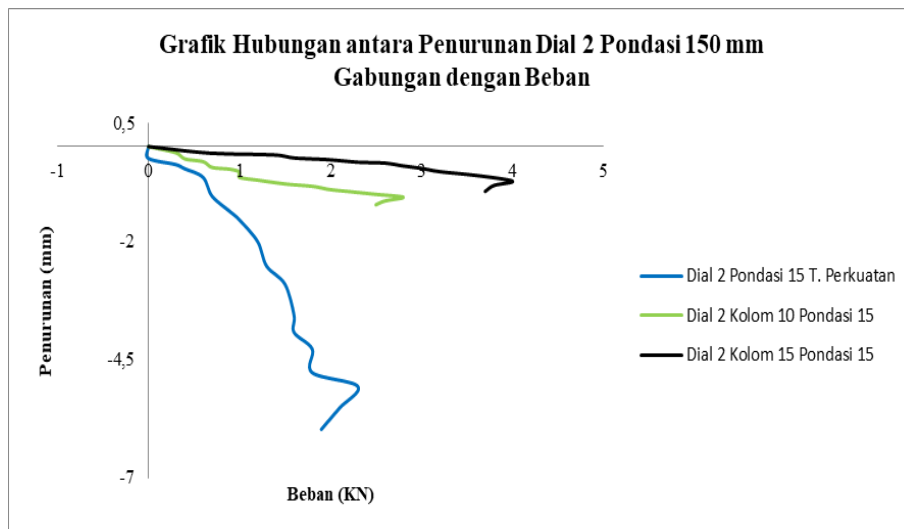
Dial	Diameter Pondasi (mm)	Diameter Kolom (mm)	Penurunan (mm)	Beban Maksimum (KN)	Presentase Kenaikan Beban (%)
1	100	0	-19,5	1,9	-
1	100	100	-16,84	2,2	15,8
1	100	150	-17,53	3	57,9
2	100	0	-5,54	1,9	-
2	100	100	-1,4	2,2	15,8
2	100	150	-0,46	3	57,9
3	100	0	-2,23	1,9	-
3	100	100	-1,12	2,2	15,8
3	100	150	-0,25	3	57,9

Hasil dari percobaan pada tabel diatas dapat dilihat bahwa pondasi dengan diameter 100 mm tanpa perkuatan menahan beban yang lebih kecil dibandingkan dengan kolom perkuatan campuran pasir kapur. Dengan kolom campuran pasir kapur diameter 100 meningkatkan perkuatan tanah sebesar 15,8 %, sedangkan jika menggunakan kolom campuran pasir kapur diameter 150 mm bertambah sebesar 57,9 %.

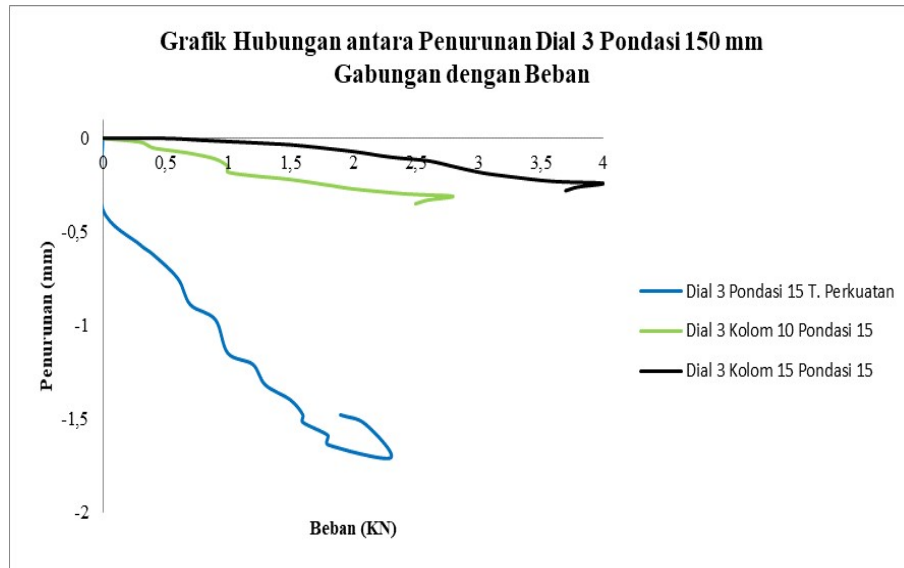
3.4.2 Pengaruh Perkuatan Kolom Campuran Pasir Kapur pada Pondasi Telapak 100 mm.



Gambar 12 Grafik Hubungan antara beban dengan penurunan pada dial 1 menggunakan pondasi telapak 15 cm.



Gambar 13 Grafik Hubungan antara beban dengan penurunan pada dial 2 menggunakan pondasi telapak 15 cm



Gambar 14 Grafik Hubungan antara beban dengan penurunan pada dial 3
menggunakan pondasi telapak 15 cm.

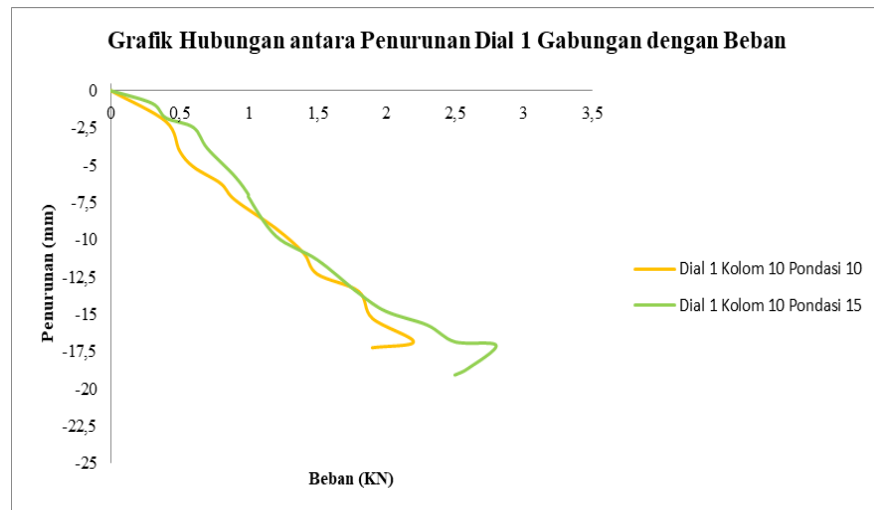
Tabel 3 Pengaruh Perkuatan Diameter Kolom 0, 100, 150 mm dengan pondasi
150 mm

<i>Dial</i>	Diameter Pondasi (mm)	Diameter (mm)	Penurunan (mm)	Beban Maksimum (KN)	Presentase Kenaikan Beban (%)
1	150	0	-19,55	2,3	-
1	150	100	-17,08	2,8	21,7
1	150	150	-13,94	4	73,9
2	150	0	-5,07	2,3	-
2	150	100	-1,07	2,8	21,7
2	150	150	-0,73	4	73,9
3	150	0	-1,71	2,3	-
3	150	100	-0,31	2,8	21,7
3	150	150	-0,24	4	73,9

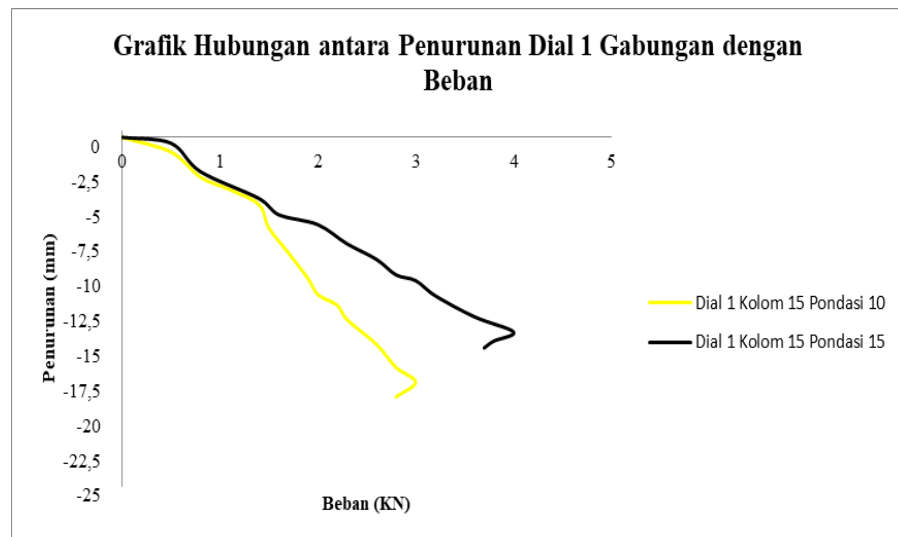
Hasil dari percobaan pada tabel diatas dapat dilihat bahwa pondasi dengan diameter 150 mm tanpa perkuatan menahan beban yang lebih kecil dibandingkan dengan kolom perkuatan campuran pasir kapur. Dengan kolom campuran pasir kapur diameter 100 meningkatkan perkuatan tanah sebesar 21,7 %, sedangkan jika menggunakan kolom campuran pasir kapur diameter 150 mm bertambah sebesar 73,9 %.

3.5 Perbandingan Daya Dukung Tanah antara Kenaikan Dimensi Pondasi dan Diameter Kolom Campuran Pasir Kapur.

Hasil percobaan diatas menunjukkan bahwa ukuran diameter pondasi dan kolom campuran pasir kapur dapat meningkatkan daya dukung tanah. Berikut adalah grafik kenaikan daya dukung tanah

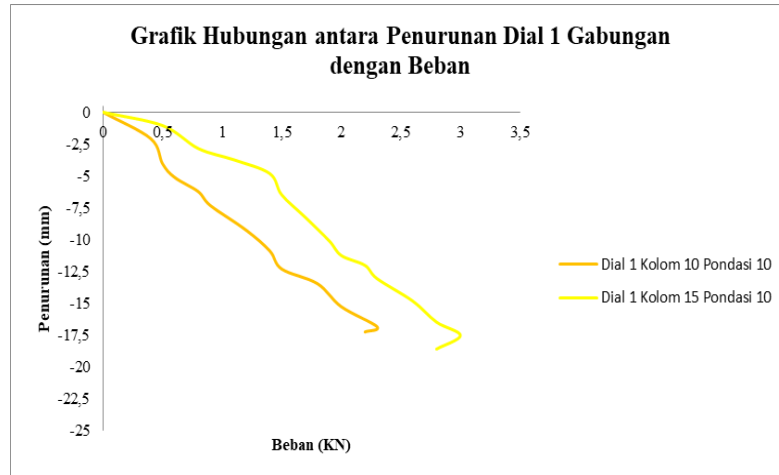


Gambar 15 Grafik Hubungan antara Beban dengan Penurunan pada *Dial* 1 Kolom Diameter 100 mm.

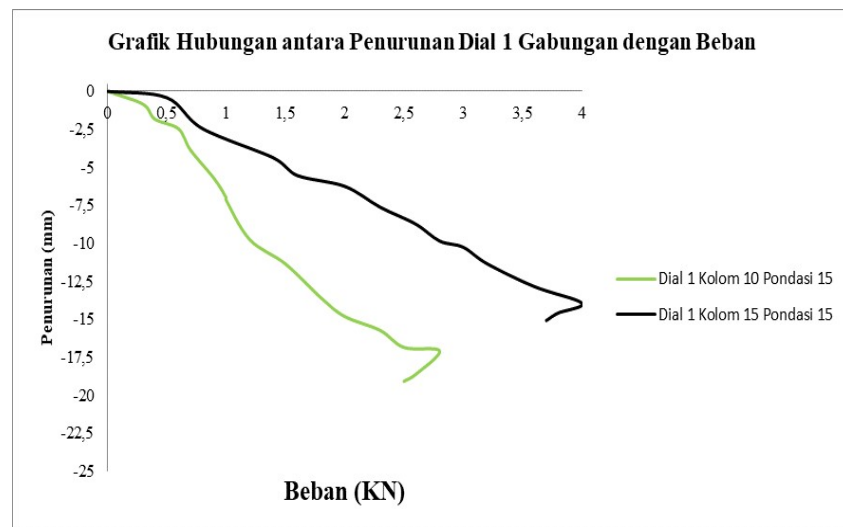


Gambar 16 Grafik Hubungan antara Beban dengan Penurunan pada *Dial* 1 Kolom Diameter 150 mm.

Dari grafik menunjukkan nilai beban maksimum terjadi pada pondasi 15 cm dibandingkan dengan pondasi 10 cm karena memperbesar pondasi maka daya dukung tanah juga semakin besar.



Gambar 17 Grafik Hubungan antara Beban dengan Penurunan pada *Dial 1* Pondasi Diameter 100 mm.



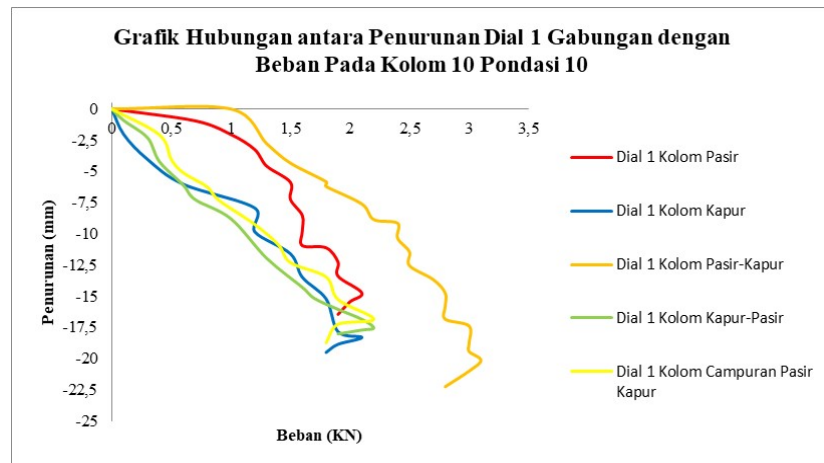
Gambar 18 Grafik Hubungan antara Beban dengan Penurunan pada *Dial 1* Pondasi Diameter 150 mm.

Dari grafik menunjukkan nilai beban maksimum terjadi pada perkuatan kolom campuran pasir kapur 15 cm dibandingkan dengan perkuatan kolom campuran pasir kapur 10 cm karena tanah lempung dengan kadar air 40% mempunyai daya dukung yang rendah dengan kolom perkuatan akan menaikkan

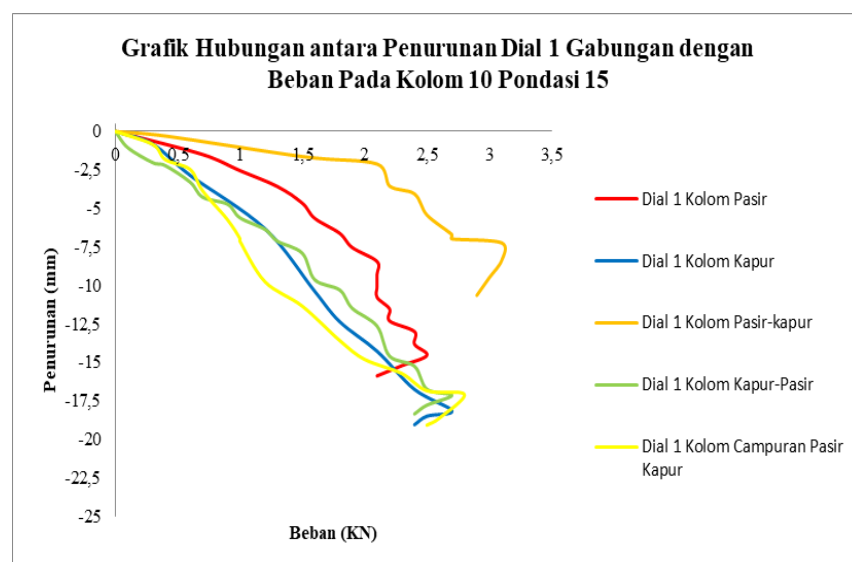
daya dukung tanah dan memperbesar diameter kolom campuran pasir kapur maka daya dukungnya juga semakin baik .

3.6 Perbandingan Penelitian Menggunakan Perkuatan Kolom Campuran Pasir Kapur Dengan Penelitian Sebelumnya

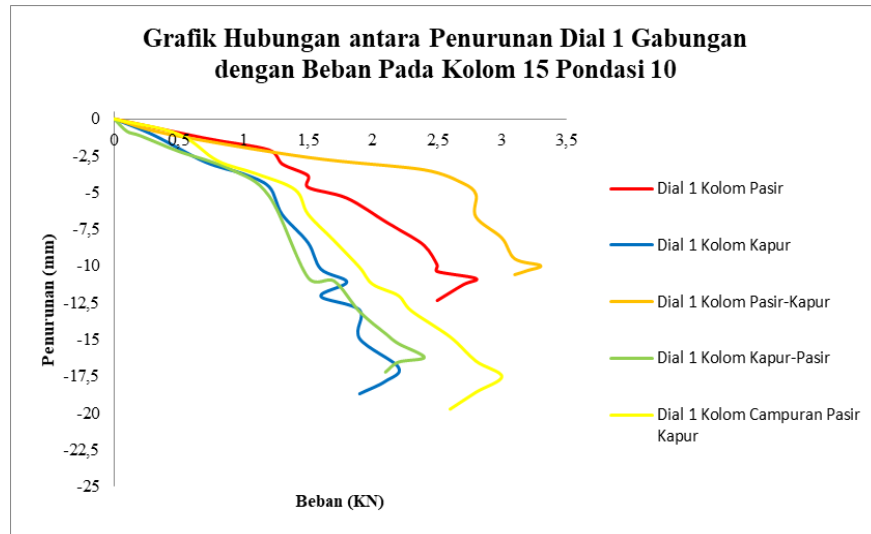
Dari hasil pengujian dilakukan perbandingan dengan penelitian yang telah ada sebelumnya, Adapun grafiknya sebagai berikut :



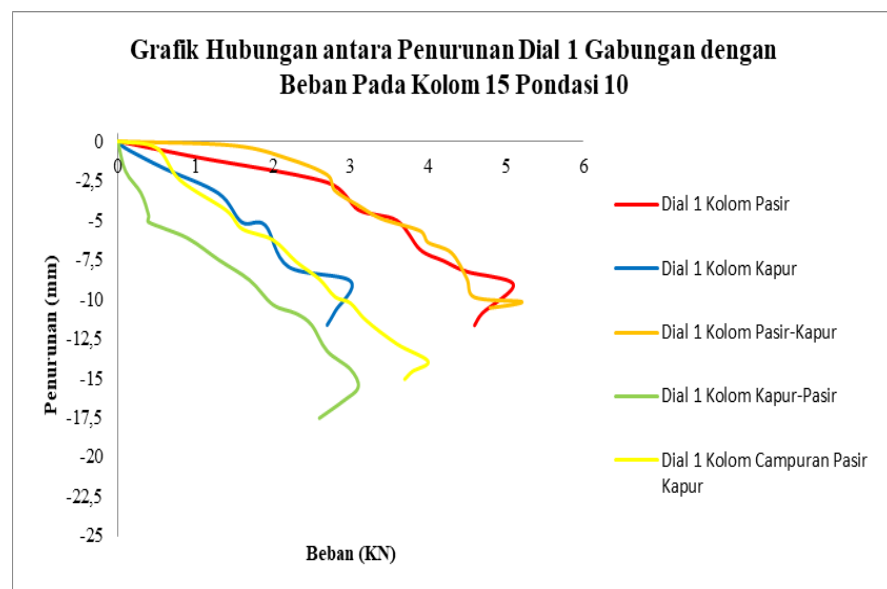
Gambar 19 Grafik Hubungan antara Beban dengan Penurunan pada *Dial* 1 Kolom Diameter 100 mm dan Pondasi Diameter 100 mm



Gambar 20 Grafik Hubungan antara Beban dengan Penurunan pada *Dial* 1 Kolom Diameter 100 mm Pondasi Diameter 150 mm



Gambar 21 Grafik Hubungan antara Beban dengan Penurunan pada *Dial 1* Kolom Diameter 150 mm Pondasi Diameter 100 mm



Gambar 22 Grafik Hubungan antara Beban dengan Penurunan pada *Dial 1* Kolom Diameter 150 mm Pondasi Diameter 150 mm

Tabel 4 Perbandingan Beban Maksimum Perkuatan Kolom

Perkuatan kolom	Diameter Kolom 10		Diameter kolom 15	
	Pondasi 10	Pondasi 15	Pondasi 10	Pondasi 15
Kolom Pasir	2,1	2,5	2,8	5,1
Kolom Kapur	2,2	2,7	2,4	3,1
Kolom Pasir-Kapur	3,1	3,1	3,3	5,2
Kolom Kapur-Pasir	2,2	2,7	2,4	3
Kolom Campuran Pasir-Kapur	2,3	2,8	3	4

Berdasarkan tabel dan grafik diatas dapat dilihat bahwa perkuatan kolom campuran pasir kapur lebih efisien menahan beban dibandingkan dengan perkuatan kolom kapur, kolom kapur-pasir dan kolom pasir.

4 PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis data penelitian dan pembahasan, rumusan masalah tersebut, yaitu :

- 1) Beban maksimum terdapat pada pondasi telapak dengan diameter 150 mm dengan beban maksimum 4 KN, dibandingkan dengan pondasi telapak dengan diameter 100 mm dengan beban maksimum 3 KN. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa memperbesar ukuran pondasi akan lebih kuat menahan beban dari pada ukuran kolom campuran pasir kapur yang diperbesar.
- 2) Jarak *dial* yang semakin dekat dengan pembebanan maka akan mengakibatkan nilai penurunannya semakin tinggi.
- 3) Perbandingan nilai daya dukung tanah dengan perkutana kolom campuran pasir kapur lebih baik dibandingkan dengan tanpa perkuatan. . Dapat dilihat dari pengaruh kolom campuran pasir kapur 100 mm dengan diameter pondasi 100 mm ini memiliki peningkatan perkuatan tanah sebesar 15,79 % dan dengan kolom campuran pasir kapur diameter 150 mm sebesar 57,89 % bila dibandingkan dengan tanpa kolom campuran pasir kapur. Dan pondasi diameter 150 mm memiliki pengaruh kolom campuran pasir kapur diameter

100 mm dapat memperkuat tanah sebesar 21,74 % dan kolom kapur diameter 150 mm sebesar 73,91 % bila dibandingkan dengan tanpa kolom kapur.

- 4) Dari hasil perbandingan penelitian kekuatan kolom campuran pasir kapur dengan penelitian sebelumnya didapatkan hasil bahwa kekuatan dengan kolom campuran pasir kapur lebih efektif beban dibandingkan dengan kekuatan kolom kapur, kolom kapur-pasir dan kolom pasir.

4.2 Saran

Berdasarkan masalah-masalah yang ada, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

- 1) Ketelitian saat pembacaan sangat penting dan harus diperhatikan.
- 2) Pengecekan kadar air sebelum pengujian dan setelah dilakukan penambahan air dilakukan pengujian kembali.
- 3) Periksa *loading test* dan *dial-dial* yang akan digunakan dan pastikan dalam keadaan baik
- 4) Menjaga kebersihan saat melakukan percobaan dan setelah dilakukan percobaan.
- 5) Penelitian ini dapat dikembangkan pada penelitian berikutnya dengan model pondasi dan kolom kapur dengan media tanah yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Adisti, Y. 2017. *Perilaku Pondasi Telapak Yang Diperkuat Kolom Pasir-Kapur Terhadap Pembebanan*, S1 Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Amsri, R. 2017. *Penurunan Pondasi Telapak Yang Diperkuat Kolom Pasir Kapur*. S1 Teknik Sipil. Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Dewanty, C. D. A. 2017. *Kuat Geser Tanah Lempung Desa Troketon, Kecamatan Pedan, Kabupaten Klaten Yang Distabilisasi Dengan Tras*. S1 Teknik Sipil. Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Das, Braja M. 1995. *Mekanika Tanah 1*. Erlangga, Jakarta.
- Enni, Mar. 2016. *Tinjauan Kuat Geser Tanah Lempung Lunak Yang Distabilisasi Dengan Kolom Campuran Pasir Kapur Dengan Variasi Diameter*, S1 Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

- Hardiyatmo, H. C. 1996. *Teknik Fondasi I*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Hardiyatmo, H. C. 2012. *Mekanika Tanah I*, Gadjah Mada University Pers, Yogyakarta.
- Nurindah, S. 2017. *Pengaruh Perkuatan Kolom Pasir Terhadap Penurunan Pondasi Telapak*. S1 Teknik Sipil. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Rini, R, E. 2015. *Perbandingan Konsolidasi Tanah Lempung Lunak Yang Distabilisasi Dengan Kolom Campuran Pasir Kapur dan Kolom Pasir di atas Kapur*, Tugas Akhir, S1 Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Wijayanto, D, B. 2015. *Pengaruh Variasi Diameter Kolom Campuran Pasir Kapur Terhadap Konsolidasi Lempung Lunak*, Tugas Akhir, S1 Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Wikipedia. 2016. *Pengertian Batu Kapur*, Diakses pada 10 Februari 2016. <https://id.m.wikipedia.org/wiki/Batugamping>
- Wesley, L, D. 2012. *Mekanika Tanah (untuk tanah endapan dan residu)*, Andi, Yogyakarta